

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. August 2003 (21.08.2003)

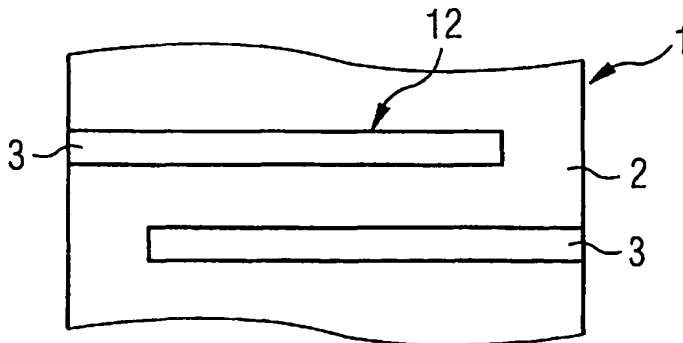
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/069689 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/24, (74) Anwalt: EPPING, HERMANN & FISCHER; Ridler-
41/083, C04B 35/64, F27D 5/00 strasse 55, 80339 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00435 (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 13. Februar 2003 (13.02.2003) (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch — Veröffentlicht:
ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- (30) Angaben zur Priorität: 102 05 877.6 13. Februar 2002 (13.02.2002) DE Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669
München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SEDLMAIER, Peter
[AT/AT]; St. Lorenzen 3, A-9113 Ruden (AT).

(54) Title: CERAMIC MULTILAYER COMPONENT, METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF AND RETAINING DE-
VICE

(54) Bezeichnung: KERAMISCHES VIELSCHICHTBAUELEMENT, VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG UND HAL-
TEVORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a ceramic multilayer component, according to which a base body (1) containing unsintered ceramic (2) and at least one metal-containing inner electrode (3) is sintered inside a sintering atmosphere. A metal serving as a sintering aid is provided inside said sintering atmosphere and the redox potential of this metal is at least as high as the redox potential of the metal contained inside the inner electrodes. In addition, the sintering aid can be a material that can bind and release oxygen. The invention also relates to a ceramic multilayer component comprising copper inner electrodes (3), said inner electrodes (3) being

directly adjoined to the ceramic (2). The invention additionally concerns a retaining device.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements, wobei ein Grundkörper (1) enthaltend ungesinterte Keramik (2) und wenigstens eine metallhaltige Innenelektrode (3) in einer Sinteratmosphäre gesintert wird, wobei in der Sinteratmosphäre als Sinterhilfsmittel ein Metall vorgesehen ist, dessen Redoxpotential wenigstens so groß ist, wie das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls. Ferner kann das Sinterhilfsmittel ein Stoff sein, der Sauerstoff binden und wieder abgeben kann. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein keramisches Vielschichtbauelement mit Innenelektroden (3) aus Kupfer, bei dem die Innenelektroden (3) direkt an die Keramik (2) angrenzen. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Haltevorrichtung.



WO 03/069689 A2

Beschreibung

Keramisches Vielschichtbauelement, Verfahren zu dessen Herstellung und Haltevorrichtung

5

Die Erfindung betrifft ein keramisches Vielschichtbauelement, mit einem Grundkörper enthaltend eine gesinterte Keramik und mit Innenelektroden. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements, wobei eine ungesinterte Keramik gesintert wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Haltevorrichtung zur Verwendung beim Sintern eines keramischen Vielschichtbauelements.

15 Aus der Druckschrift WO 01/45138 A2 ist ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Bauelements bekannt, das Innenelektroden aus Kupfer aufweist. Das Bauelement wird hergestellt durch Sintern in einer Sinteratmosphäre, die Sauerstoff enthält. Der benötigte Sauerstoffpartialdruck wird über
20 ein Gasgleichgewicht eingestellt, das sich zwischen den Gasen Wasserstoff und Wasserdampf einstellt. Üblicherweise werden zur Herstellung des Piezoaktors Keramikmaterialien auf der Basis von Blei-Zirkon-Titanat verwendet. Es kommen darüber hinaus Haltevorrichtungen zum Halten von einer Vielzahl von
25 ungesinterten Bauelementen in einem Sinterofen zum Einsatz, welche aus temperaturbeständigen Strukturkeramiken wie Alumina, Kordierit, Siliziumcarbid u. s. w. bestehen.

Um eine Oxidation der Kupferinnenelektroden zu verhindern,
30 ist es bei dem bekannten Verfahren erforderlich, den Sauerstoffpartialdruck in einem sehr engen zulässigen Druckbereich einzustellen. Bei Unterschreitung des zulässigen Sauerstoffpartialdrucks wird die PZT-Keramik sehr leicht reduziert und dabei irreversibel geschädigt. Bei Überschreitung des zulässigen Sauerstoffpartialdrucks kommt es zur Oxidation und
35 Schädigung der Kupferinnenelektroden. Das bekannte Verfahren hat den Nachteil, daß der durch das Wasserstoff/Wasserdampf-

Gasgleichgewicht eingestellte Sauerstoffpartialdruck sehr leicht durch geringste Mengen an Sauerstoff aufnehmende beziehungsweise Sauerstoff abgebende Stoffe aus dem zulässigen Arbeitsbereich herausgeschoben werden kann. Beispielsweise
5 können Stoffe wie Restkohlenstoff, Verunreinigungen in der Keramik oder auch das Abdampfen von Blei aus der Keramik zu einer Verschiebung des Sauerstoffpartialdrucks führen.

10 Dies kann den Effekt haben, daß auch bei bestmöglicher Einstellung der Gasatmosphäre während des Sinterns eine lokale Oxidation der Kupferinnenelektroden zu beobachten ist. Dies äußert sich in zwischen den Innenelektroden und dem Keramikmaterial eingelagerten Zwischenschichten oder Zwischenbereichen aus Kupferoxid, die im Schliffbild senkrecht zu den In-
15 nenelektroden makroskopisch sichtbar ist. Durch diese Zwischenschichten aus Kupferoxid werden die elektrischen Eigenschaften des piezoelektrischen Bauelements verschlechtert.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur
20 Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements anzugeben, bei dem der Sauerstoffgehalt der Sinteratmosphäre stabilisiert ist. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, ein keramisches Vielschichtbauelement anzugeben, dessen elektrische Eigenschaften verbessert sind. Es ist darüber hinaus Aufgabe
25 der Erfindung, eine Haltevorrichtung anzugeben, die es auf einfache Art und Weise erlaubt, das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements durchzuführen.

30 Diese Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements gemäß den Patentansprüchen 1 und 2, durch ein keramisches Vielschichtbauelement gemäß Patentanspruch 8 sowie durch eine Haltevorrichtung gemäß den Patentansprüchen 11 und 12. Vorteilhafte Aus-
35 gestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements angegeben, wobei ein Grundkörper, der eine ungesinterte Keramik enthält und der wenigstens eine metallhaltige Innenelektrode aufweist, gesintert wird. Das Sintern erfolgt dabei in einer Sinteratmosphäre, üblicherweise in einem abgeschlossenen Sintervolumen. Innerhalb der Sinteratmosphäre ist ein Sinterhilfsmittel vorgesehen, das ein in der Sinteratmosphäre enthaltenes Gas binden und wieder abgeben kann.

Dieses Binden kann beispielsweise durch Physisorption oder auch Chemisorption erfolgen.

Das Vorsehen eines Sinterhilfsmittels in der Sinteratmosphäre hat den Vorteil, daß das Sinterhilfsmittel gewissermaßen als Puffer wirken kann, der eine überschüssige in der Sinteratmosphäre enthaltene Gaskomponente bindet und bei Unterschluß derselben Komponente diese wieder an die Sinteratmosphäre abgeben kann. Dadurch kann die Sinteratmosphäre bezüglich ihrer Gaszusammensetzung stabilisiert werden.

Es wird darüber hinaus ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements angegeben, wobei das Sinterhilfsmittel ein Metall enthält, dessen Redoxpotential wenigstens so groß ist wie das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls.

Durch das Vorsehen eines metallhaltigen Sinterhilfsmittels in der Sinteratmosphäre während des Sinterns kann erreicht werden, daß das Sinterhilfsmittel, falls die Sinteratmosphäre so abgeändert wird, daß die Innenelektroden oxidiert würden, zunächst bevorzugt oxidiert wird. Dadurch kann eine Oxidation der Innenelektroden verhindert werden. Metalle, deren Redoxpotential kleiner ist als das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls sind dafür weniger gut geeignet, da sie bei Sinteratmosphären, die eine Oxidation der edleren Innenelektroden gerade noch vermeiden, leicht oxi-

diert werden und dadurch beispielsweise Sauerstoff der Sinteratmosphäre ständig entziehen würden. Demgegenüber sind Metalle als Sinterhilfsmittel geeignet, deren Redoxpotential größer ist als das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls und die mithin edler sind, als das Metall der Innenelektroden. Da das Sinterhilfsmittel für die Sinteratmosphäre frei zugänglich ist und da im Gegensatz dazu die Innenelektroden für die Sinteratmosphäre nicht frei zugänglich sind, weil im Innern des Grundkörpers angeordnet, wird im Falle einer von den Idealbedingungen abweichender Sinteratmosphäre trotz des größeren Redoxpotentials das Sinterhilfsmittel noch vor den Innenelektroden durch diese verändert. Die Innenelektroden bleiben dabei unverändert erhalten, was erwünscht ist.

Es wird darüber hinaus ein keramisches Vielschichtbauelement angegeben, das einen Grundkörper mit einer gesinterten Keramik aufweist. Der Grundkörper enthält wenigstens eine Innenelektrode, bei der wenigstens die Oberfläche metallhaltig ist. Die Innenelektrode enthält ein Metall, dessen Redoxpotential kleiner oder gleich dem Redoxpotential von Kupfer ist. Die Innenelektroden bzw. deren metallischen Oberflächen grenzen direkt an die gesinterte Keramik des Grundkörpers an. Eine Schicht oder Oberflächenbereiche mit oxidiertem Metall der Innenelektrode ist nicht vorhanden. Ein solches Vielschichtbauelement kann mit Hilfe der angegebenen Verfahren hergestellt werden. Es hat den Vorteil, daß aufgrund nicht vorhandenen Metalloxids zwischen den Innenelektroden und der gesinterten Keramik die elektrischen Eigenschaften des Vielschichtbauelements verbessert sind.

Es wird darüber hinaus eine Haltevorrichtung angegeben, die zur Verwendung beim Sintern von keramischen Vielschichtbauelementen mit metallhaltigen Innenelektroden vorgesehen ist. Die Haltevorrichtung ist zur Aufnahme einer Vielzahl von ungesinterten Bauelementen geeignet. An der Oberfläche der Haltevorrichtung ist ein Material vorgesehen, das ein in der

Sinteratmosphäre enthaltenes Gas binden und wieder abgeben kann.

Eine solche Haltevorrichtung hat den Vorteil, daß sie eine
5 leichte Durchführung des angegebenen Verfahrens zum Herstellen eines keramischen Vielschichtbauelements ermöglicht. Darüber hinaus hat die Haltevorrichtung den Vorteil, daß eine Vielzahl von Bauelementen mit denselben vorteilhaften Bedingungen der Sinteratmosphäre hergestellt werden können. Durch
10 die Haltevorrichtung beziehungsweise durch die Oberfläche der Haltevorrichtung wird nämlich gewährleistet, daß das für den Sinterprozeß vorteilhafte Material, also das Sinterhilfsmittel, gleichmäßig in der Sinteratmosphäre und immer in der Nähe eines ungesinterten Bauelements vorhanden ist.

15 Darüber hinaus wird eine Haltevorrichtung angegeben, deren Oberfläche ein Metall enthält, dessen Redoxpotential wenigstens so groß ist, wie das Redoxpotential des in den Innenelektroden des zu sinternden Bauelementes enthaltenen Metalls.

20 Das Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements kann in einer vorteilhaften Ausführungsform so ausgestaltet sein, daß Grundkörper verwendet werden, deren Innenelektroden Kupfer enthalten. Ebenso wird als Sinterhilfsmittel Kupfer verwendet. Die Verwendung von Kupfer als
25 Material für die Innenelektroden hat den Vorteil, daß Kupfer einfach und billig zu beschaffen ist. Die Verwendung von Kupfer als Sinterhilfsmittel hat den Vorteil, daß Kupfer einfach und billig zu beschaffen ist und daß es auch gut zu verarbeiten ist, weswegen die Verwendung einer Haltevorrichtung aus
30 Kupfer beim Betrieb des Verfahrens vorteilhaft ist.

Desweiteren ist ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements vorteilhaft, bei dem die Sinteratmosphäre Sauerstoff enthält. Sauerstoff ist ein Gas, das
35 bei vielen Sinterprozessen eingesetzt wird. Es wird benötigt, um der ungesinterten Keramik die vorteilhaften Eigenschaften

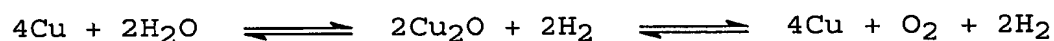
der gesinterten Keramik zu verleihen. Darüber hinaus kann der in der Sinteratmosphäre enthaltene Sauerstoff leicht durch ein Sinterhilfsmittel aus Kupfer gebunden und auch wieder abgegeben werden.

5

Desweiteren ist ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements vorteilhaft, bei dem die Sinteratmosphäre neben Sauerstoff eine Mischung aus Wasserstoff und Wasserdampf enthält. Durch das Gleichgewicht zwischen Wasserstoff und Wasserdampf kann einerseits die Gefahr der Oxidation der Innenelektroden wirksam vermindert werden. Andererseits kann dadurch der Sauerstoff-Partialdruck in der Sinteratmosphäre stabilisiert werden. Die Verwendung von Kupfer als Sinterhilfsmittel wirkt auch diesbezüglich vorteilhaft, da durch die Reaktion

10

15



die Gleichgewichtsreaktion

20



katalysiert und damit der Gleichgewichtszustand wesentlich schneller erreicht wird.

25

Als Keramikmaterial für das Bauelement kommt beispielsweise eine Keramik mit piezoelektrischem Effekt in Betracht. Dadurch können vorteilhafterweise piezoelektrische Aktoren hergestellt werden. Beispielsweise kommt es in Betracht, als Keramikmaterial Blei-Zirkonat-Titanat zu verwenden.

30

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, für das Sinterhilfsmittel Kupfer einer Mindestreinheit zu verwenden, wie sie beispielsweise Elektrolytkupfer aufweist. In Betracht kommt beispielsweise sauerstofffreies Kupfer mit einer Reinheit > 99,9 %.

35

Die Haltevorrichtung besteht in einer vorteilhaften Ausführungsform aus zwei Teilen, die durch einen Spalt voneinander getrennt sind. Durch den Spalt kann einerseits erreicht werden, daß während des Sinterns entstehende Gase entweichen können und daß andererseits das Abdampfen von Blei aus dem Keramikmaterial kontrolliert wird.

Der Spalt zwischen den beiden Teilen eines Behälters beträgt vorteilhafterweise zwischen 0,5 und 10 mm in der Breite.

Durch das Einhalten dieser Grenzen kann einerseits noch genug Gas aus den zu sinternden Bauelementen entweichen und andererseits wird verhindert, daß zuviel Blei abdampft.

Desweiteren kommt es in Betracht, für die Haltevorrichtung einen gitterförmigen Einsatz in dem Behälter vorzusehen.

Insbesondere bei der Verwendung von Kupfer oder anderer leicht zu bearbeitenden Materialien kann es vorteilhaft sein, die Haltevorrichtung in Form eines Sektors eines Kreisrings auszuführen, wodurch das Volumen in Drehherdsinteröfen optimal ausgenutzt werden kann. Diese sektorförmigen Haltevorrichtungen können zu einem Kreisring ergänzt werden und das in einem Drehherdsinterofen zur Verfügung stehende Volumen optimal mit durch die Haltevorrichtung gehaltenen zu sinternden Bauelementen ausfüllen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt beispielhaft ein keramisches Vielschichtbauelement in einem schematischen Querschnitt.

Figur 2 zeigt beispielhaft eine Haltevorrichtung in einem schematischen Querschnitt.

Figur 3 zeigt beispielhaft eine weitere Haltevorrichtung in einem schematischen Querschnitt.

Figur 4 zeigt die Grundplatte der Haltevorrichtung aus Figur 3 in einer schematischen Draufsicht.

5 Figur 5 zeigt einen beispielhaften Zeitverlauf der Sinter-temperatur während der Herstellung eines erfindungsgemäßen Bauelements.

Figur 1 zeigt ein mit dem beispielhaften Verfahren hergestelltes keramisches Vielschichtbauelement mit einem Grundkörper 1, der eine gesinterte Keramik 2 enthält. Im Innern des Grundkörpers 1 sind Innenelektroden 3 enthalten, die eine metallhaltige Oberfläche 12 aufweisen und die in einer vorteilhaften Ausführungsform Kupfer enthalten oder sogar ganz aus Kupfer bestehen. Die Oberfläche 12 grenzt direkt an die Keramik 2.

Beispielsweise kann das in Figur 1 dargestellte Bauelement ein Piezoaktor sein, mit einer Perovskitkeramik vom PZT-Typ $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ und mit Innenelektroden aus Kupfer. Ein solcher Piezoaktor kann durch Sintern eines Stapels aus übereinanderliegenden Grünfolien hergestellt werden, wobei der Temperaturverlauf während des Sinterns dem in Figur 5 angegebenen Temperaturverlauf entspricht. In Figur 5 ist die Sinter-temperatur T in Abhängigkeit von der Sinterzeit t angegeben. Die Sintertemperatur T hat ein Maximum bei 1005°C . Bei dieser Temperatur beträgt der Sauerstoffpartialdruck in der Sinterkammer $2,2 \times 10^7$ bar. Der obere Grenzsauerstoffpartialdruck ist durch die Oxidation von Kupfer gegeben und beträgt bei dieser Temperatur $6,3 \times 10^7$ bar. Der untere Grenzsauerstoffpartialdruck ist durch die Reduktion von PbO in der Keramik gegeben und beträgt bei dieser Temperatur $1,7 \times 10^8$ bar. Der Sauerstoffpartialdruck befindet sich also in einem Bereich, in dem PbO aus der Keramik nicht mehr reduziert wird, was die Keramik stabilisiert, und in dem ferner Kupfer noch nicht oxidiert wird, was die Innenelektroden stabilisiert.

Figur 2 zeigt eine Haltevorrichtung zur Verwendung bei dem Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements, wobei die Haltevorrichtung einen Behälter 6 umfaßt, in dem ein gitterförmiger Einsatz 4 zur Aufnahme von ungesinterten Bauelementen 5 vorgesehen ist. Der Behälter 6 ist mit einem Deckel 7 verschließbar. Zwischen dem Behälter 6 und dem Deckel 7 sind Mittel 8 zum Vorsehen eines Spalts 9 zwischen dem Behälter 6 und dem Deckel 7 angeordnet. Diese Mittel 8 können beispielsweise Distanzelemente aus einer Keramik sein. Vorteilhafterweise beträgt die Breite B des Spalts 9 zwischen 0,5 und 10 mm.

Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der Haltevorrichtung. Entsprechende Bezugszeichen bezeichnen dabei entsprechende Elemente aus Figur 2. Die Haltevorrichtung umfaßt eine Grundplatte 10, die von einer Kappe 11 abgedeckt ist. Innerhalb der Kappe 11 ist ein gitterförmiger Einsatz 4 zur Aufnahme von ungesinterten Bauelementen 5 vorgesehen.

20

Die Haltevorrichtung gemäß Figur 3 hat den Vorteil, daß bei Befestigung des gitterförmigen Einsatzes 4 an der Grundplatte 10 die Haltevorrichtung auch ohne die Kappe 11 betrieben werden kann und sich mithin auch zur Verwendung während der Entbinderung eignet. Die Grundplatte 10 kann vorteilhafterweise in der Form eines Sektors eines Kreistrings ausgeformt sein, wie aus Figur 4 ersichtlich. Dann ist es vorteilhaft, auch den gitterförmigen Einsatz 4 sowie die Kappe 11 in der Form eines Sektors eines Kreistrings auszuführen. Mehrere Grundplatten 10 beziehungsweise die dazugehörigen gitterförmigen Einsätze 4 und Kappen 11 können aneinandergereiht werden und sich zu einem Kreisring ergänzen.

30

Die vorliegende Erfindung beschränkt sich nicht auf die Herstellung von Piezoaktoren, sondern ist auf alle keramischen Vielschichtbauelemente anwendbar, insbesondere auf solche, die metallische Innenelektroden beziehungsweise Innenelektro-

35

10

den aus unedlen Metallen enthalten. Beispielsweise kommen auch Vielschichtkondensatoren in Betracht, die Innenelektroden aus Kupfer aufweisen und als Keramik $\text{BaNd}_2\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ und $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ sowie als Glasfritte $\text{ZnO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ enthalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements,
5 wobei ein Grundkörper (1) enthaltend ungesinterte Keramik (2) und wenigstens eine metallhaltige Innenelektrode (3) in einer Sinteratmosphäre gesintert wird,
wobei in der Sinteratmosphäre ein Sinterhilfsmittel vorgesehen ist, das ein Metall enthält, dessen Redoxpotential wenigstens so groß ist, wie das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls.
10
2. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtbauelements,
15 wobei ein Grundkörper (1) enthaltend ungesinterte Keramik (2) und wenigstens eine metallhaltige Innenelektrode (3) in einer Sinteratmosphäre gesintert wird,
wobei in der Sinteratmosphäre ein Sinterhilfsmittel vorgesehen ist, das ein in der Sinteratmosphäre enthaltenes Gas binden und wieder abgeben kann.
20
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
wobei als Sinterhilfsmittel Kupfer verwendet wird und wobei die Innenelektroden (3) Kupfer enthalten.
25
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei die Sinteratmosphäre Sauerstoff enthält.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
30 wobei die Sinteratmosphäre ein Gleichgewicht aus Wasserstoff und Wasserdampf enthält.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei die Keramik (2) im gesinterten Zustand einen piezoelektrischen Effekt aufweist.
35
7. Verfahren nach Anspruch 6,

wobei als Keramik Blei-Zirkonat-Titanat verwendet wird.

8. Keramisches Vielschichtbauelement

enthaltend einen Grundkörper (1) mit einer gesinterten Keramik (2) und mit wenigstens einer Innenelektrode (3), die eine metallhaltige Oberfläche (12) aufweist, bei dem das Redoxpotential des in der Oberfläche (12) enthaltenen Metalls kleiner oder gleich dem Redoxpotential von Kupfer ist, und bei dem die Oberfläche (12) direkt an die Keramik (2) angrenzt.

9. Bauelement nach Anspruch 8,

bei dem die Keramik einen piezoelektrischen Effekt aufweist.

10. Bauelement nach Anspruch 8 oder 9,

bei dem die Innenelektroden (3) Kupfer enthalten.

11. Haltevorrichtung zur Verwendung beim Sintern von keramischen Vielschichtbauelementen mit metallhaltigen Innenelektroden (3),

die zur Aufnahme einer Vielzahl von ungesinterten Bauelementen (5) geeignet ist und deren Oberfläche als Sinterhilfsmittel ein Material enthält, das ein in der Sinteratmosphäre enthaltenes Gas binden und wieder abgeben kann.

12. Haltevorrichtung zur Verwendung beim Sintern eines keramischen Vielschichtbauelements mit metallhaltigen Innenelektroden (3),

die zur Aufnahme einer Vielzahl von ungesinterten Bauelementen (5) geeignet ist und deren Oberfläche ein Metall enthält, dessen Redoxpotential wenigstens so groß ist wie das Redoxpotential des in den Innenelektroden enthaltenen Metalls.

13. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12,

die einen gitterförmigen Einsatz (4) in einem Behälter (6) aufweist, der mit einem Deckel (7) abdeckbar ist und bei der

13

Mittel (8) zum Vorsehen eines Spalts (9) zwischen Behälter (6) und Deckel (7) vorgesehen sind.

14. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12,
5 die eine Grundplatte (10) enthält,
bei der über der Grundplatte (10) ein gitterförmiger Einsatz (4) vorgesehen ist die mit einer Kappe (11) abdeckbar ist und bei der Mittel (8) zum Vorsehen eines Spalts (9) zwischen der Grundplatte (10) und der Kappe (11) vorgesehen sind.

10

15. Haltevorrichtung nach Anspruch 14,
die die Form eines Sektors eines Kreisrings aufweist.

16. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 13, 14 oder 15,
15 bei der das Mittel (8) zum Einstellen eines Spalts (9) so ausgeführt ist, daß ein Spalt (9) mit einer Breite (B) zwischen 0,5 und 10 mm eingestellt werden kann.

FIG 1

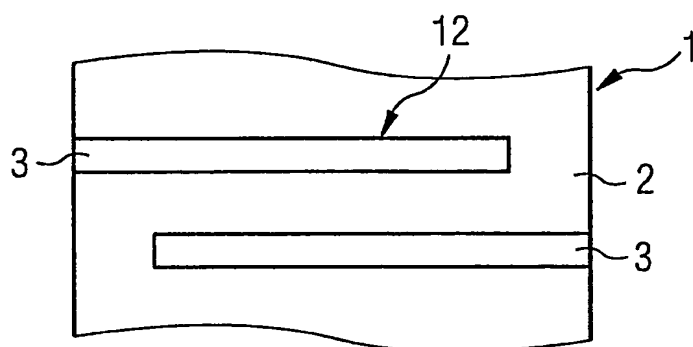


FIG 2

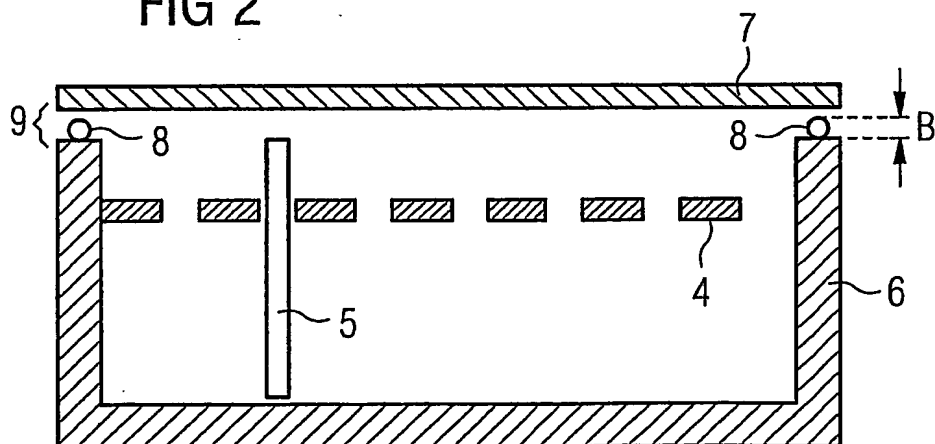


FIG 3

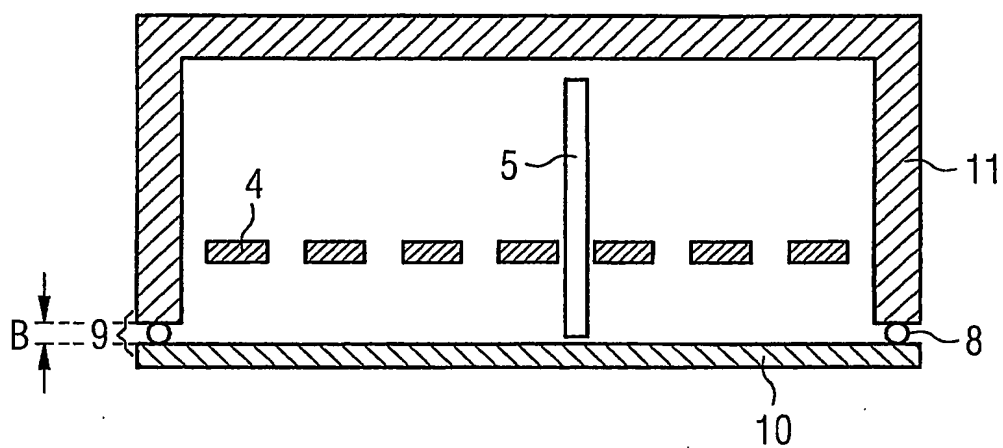


FIG 4

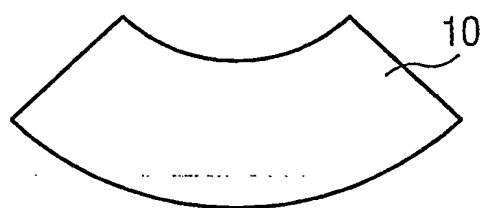


FIG 5

